



教育图书



功能学具



学生之家

基础教育行业专研品牌

经浙江省中小学教辅材料
评议委员会评议通过

全品智能作业

学·练·考

主编 肖德好

学习册

本册 主编 黄文俊

高中物理

选择性必修第二册 RJ 浙江省

长江出版传媒

崇文书局

CONTENTS



第一章 安培力与洛伦兹力	001
1 磁场对通电导线的作用力	001
专题 安培力作用下的力学问题	002
2 磁场对运动电荷的作用力	005
专题 洛伦兹力与现代科技	008
3 带电粒子在匀强磁场中的运动	010
专题 带电粒子在有界磁场中的运动	013
专题 带电粒子在有界磁场中运动的临界与多解问题	015
4 质谱仪与回旋加速器	016
专题 带电粒子在组合场中的运动	018
专题 带电粒子(带电体)在叠加场中的运动	021
 第二章 电磁感应	 023
1 楞次定律	023
第1课时 楞次定律/023	
第2课时 楞次定律的应用/024	
第3课时 实验:探究影响感应电流方向的因素/026	
2 法拉第电磁感应定律	027
专题 电磁感应中的电路和电荷量问题	029
专题 电磁感应中的图像问题	031
3 涡流、电磁阻尼和电磁驱动	032
4 互感和自感	035
专题 电磁感应中的动力学问题	037

专题 电磁感应中的能量问题	039
※专题 电磁感应中的动量问题	041

第三章 交变电流..... 043

1 交变电流.....	043
2 交变电流的描述	045
专题 交变电流规律的应用	048
3 变压器	050
第 1 课时 理想变压器及分析/050	
第 2 课时 实验:探究变压器原、副线圈电压与匝数的关系/052	
专题 理想变压器的综合问题	054
4 电能的输送	056

第四章 电磁振荡与电磁波..... 058

1 电磁振荡.....	058
2 电磁场与电磁波	058
3 无线电波的发射和接收	061
4 电磁波谱.....	061

第五章 传感器

1 认识传感器	064
2 常见传感器的工作原理及应用.....	064
3 利用传感器制作简单的自动控制装置	067

■ 参考答案

1 磁场对通电导线的作用力

学习目标	1. 通过实验认识安培力的方向及大小,了解安培力在生产生活中的运用,会用左手定则判断安培力的方向. 2. 经历得出安培力、磁感应强度和电流三者方向关系的过程,体会归纳推理的方法.经历一般情况下安培力表达式的得出过程,体会矢量分析的方法. 3. 观察磁电式电流表的结构,知道磁电式电流表的工作原理,体会物理知识与科学技术的关系.
------	--

教材精梳 筑根基

一、安培力的方向

1. 安培力:_____在磁场中受的力.
2. 安培力的方向与_____,_____都垂直.
3. 左手定则:伸开左手,使拇指与其余四个手指垂直,并且都与手掌在同一个平面内;让磁感线_____,并使四指指向_____,这时_____所指的方向就是通电导线在磁场中所受安培力的方向.

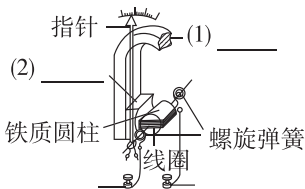
二、安培力的大小

安培力的大小: $F = BIl \cdot \sin \theta$

说明 θ 为 B 与 I 方向的夹角,当 $\theta = 0^\circ$ 时,即 $B // I, F = 0$. 当 $\theta = 90^\circ$ 时,即 $B \perp I, F = BIl$.

三、磁电式电流表

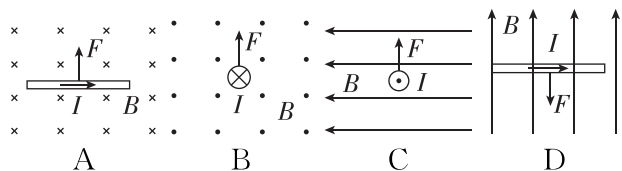
1. 基本构造:磁体、线圈、螺旋弹簧、指针、极靴、铁质圆柱等.



2. 工作原理:通电线圈因受安培力而转动.
- (1)被测电流越大,_____的角度越大.螺旋弹簧变形,反抗线圈的转动.这两种转动的效果叠加在一起,指针随之发生偏转,最终达到平衡,指针停止偏转.所以根据指针偏转角度的大小,可以确定被测电流的大小.
- (2)当线圈中电流方向改变时,_____随之改变,指针的偏转方向也随着改变.所以,根据指针的偏转方向,可以知道_____.
3. 特点:
- (1)极靴和铁质圆柱之间是均匀辐向分布的磁场;
- (2)线圈平面始终与磁感应强度_____;
- (3)表盘刻度均匀分布.
4. 优点:灵敏度高,可以测出_____的电流.
5. 缺点:线圈的导线很细,允许通过的电流_____.

知识点一 安培力的方向

例 1 [2026·温州中学高二月考] 下图中分别标明了通电直导线中电流 I 、匀强磁场的磁感应强度 B 和电流所受安培力 F 的方向, 其中正确的是 ()

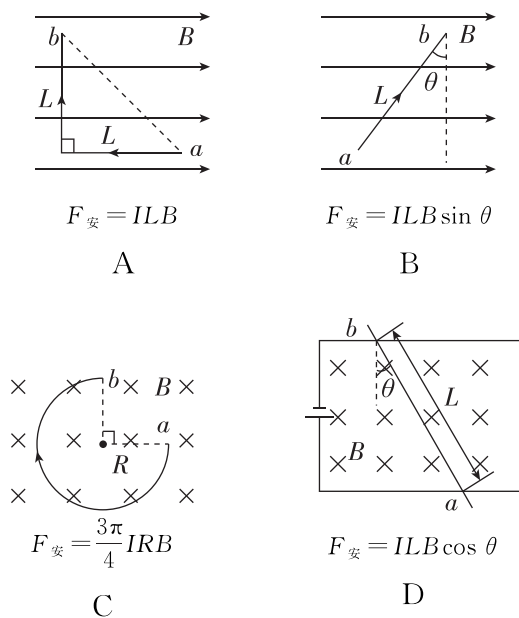


【要点总结】

1. 安培力 F 的方向既与磁场方向垂直, 又与通电导线垂直, 即 F 跟 B 、 I 所在的面垂直. 但 B 与 I 的方向不一定垂直.
2. 当电流方向跟磁场方向不垂直时, 仍可用左手定则来判定安培力的方向, 注意要让磁感线垂直于电流方向的分量垂直进入掌心.

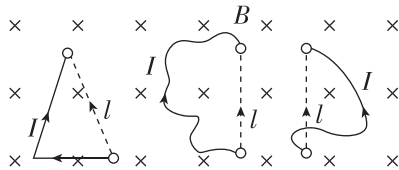
知识点二 安培力的大小

例 2 [2026·萧山二中高二期中] 下列图中, 通有电流大小为 I 的导体 ab 所受安培力的大小正确的是 ()



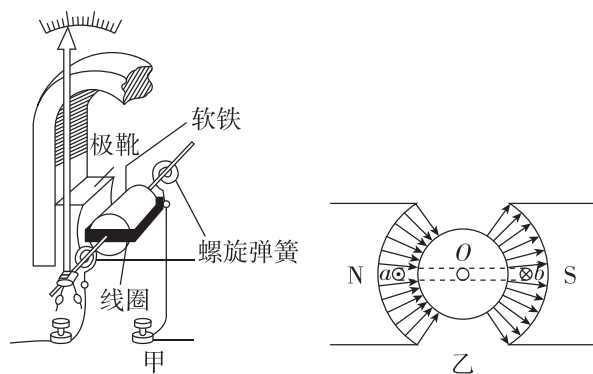
【要点总结】

表达式 $F = I l B$ 中 l 指的是导线在磁场中的“有效长度”, 弯曲导线的有效长度 l 等于连接两端点的直线段的长度 (如图中虚线所示), 相应的电流由始端流向末端.



知识点三 磁电式电流表的工作原理

例 3 [2026·嘉兴高二期中] 如图甲是高中物理电学实验中常用的磁电式电流表的结构, 其内部磁场分布和线圈中电流流向剖面示意图如图乙所示. 关于磁电式电流表的下列各项说法中正确的是 ()



- A. 当线圈在如图乙所示位置时 b 端受到的安培力方向向上
- B. 线圈中电流越大, 安培力就越大, 螺旋弹簧的形变也越大, 线圈偏转的角度也越大
- C. 电流表中的磁场是匀强磁场
- D. 线圈无论转到什么角度, 它的平面都跟磁感线平行, 所以线圈不受安培力

【反思感悟】

专题 安培力作用下的力学问题

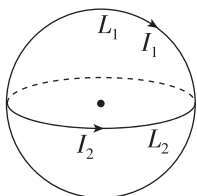
学习目标

1. 能处理安培力作用下导体的平衡问题.
2. 会结合牛顿第二定律求导体的瞬时加速度.
3. 掌握安培力作用下导体运动方向的常用判断方法.

题型一 安培力作用下导体运动方向的判断

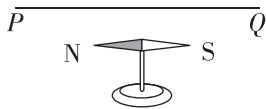
例 1 一个可以自由运动的线圈 L_1 和一个水平固定的线圈 L_2 互相绝缘垂直放置,且两个线圈的圆心重合,如图所示.当两线圈中通以图示方向的电流时,从左向右看,线圈 L_1 将 ()

- A. 不动
B. 顺时针转动
C. 逆时针转动
D. 向纸面里平动



【即时演练】 如图所示,水平长直软导线的两端固定,小磁针在软导线下方与导线平行,给软导线通入从 P 到 Q 的恒定电流,看到的现象是 ()

- A. 软导线最终向上弯曲
B. 软导线沿水平方向向纸面外弯曲
C. 小磁针保持静止不动
D. 俯视时,小磁针沿顺时针方向转动一定角度



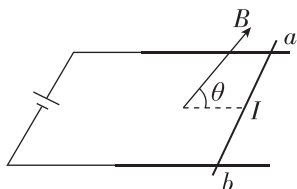
【要点总结】

安培力作用下导体运动方向判断的方法

电流元法	每段电流元所受安培力方向→整段导体所受合力方向→运动方向
特殊位置法	在特殊位置→安培力方向→运动方向
等效法	(1) 环形电流→小磁针→条形磁铁 (2) 通电螺线管→多个环形电流

题型二 安培力作用下的平衡问题

例 2 如图所示,金属棒 ab 质量为 m ,通过电流为 I ,处在磁感应强度大小为 B 的匀强磁场中,磁场方向与导轨平面夹角为 θ , ab 静止于宽为 L 水平导轨上.下列说法正确的是 ()

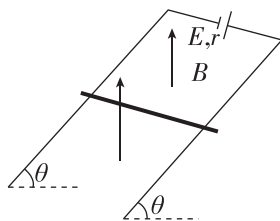


- A. 金属棒受到的安培力大小为 $F = ILB \sin \theta$
B. 金属棒受到的摩擦力大小为 $F_f = ILB \cos \theta$
C. 若只改变电流方向,金属棒对导轨的压力将增大
D. 若只增大磁感应强度大小 B 后,金属棒对导轨的压力将增大

例 3 [2025 · 丽水高二期中] 如图所示,宽为 $L = 0.5 \text{ m}$ 的平行光滑金属导轨所在平面与水平面的夹角为 $\theta = 53^\circ$,导轨的一端与电动势和内阻均恒定的直流电源相接,空间分布着方向竖直向上的匀强磁场.一质量为 $m = 1.5 \times 10^{-2} \text{ kg}$ 、长为 $l = 0.5 \text{ m}$ 的金属杆水平放置在导

轨上恰好保持静止,若金属杆电阻恒定,不计导轨电阻,已知流过金属杆的电流为 1 A . ($\sin 53^\circ = 0.8$, $\cos 53^\circ = 0.6$, g 取 10 m/s^2)

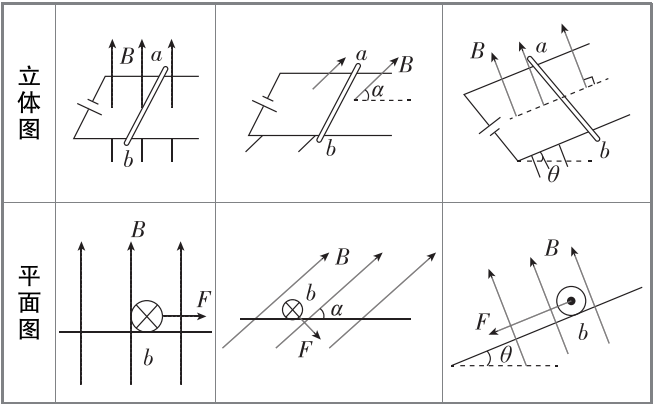
- (1) 求金属杆受到的安培力大小 F_A ;
(2) 求磁感应强度 B 的大小;
(3) 若匀强磁场的磁感应强度大小和方向都可调整,为使金属杆在图示位置保持静止,求磁感应强度的最小值 B_1 及其方向.



【要点总结】

安培力作用下导体的平衡问题的求解关键可以简单概括为两点：

- (1)电磁问题力学化,即把电磁问题通过受力分析,归结为力学问题.
- (2)立体图形平面化,想很好地分析物体受力的平衡问题,把立体图形转化为平面图是关键.

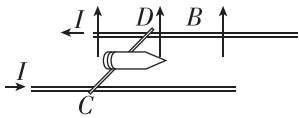


题型三 安培力作用下导体的加速问题

例 4 [2025·温州高二期中] 电磁炮是一种新式兵器,某科技小组设计了一个电磁炮模型,其主要原理如图所示,水平面内有宽为 $d=5\text{ cm}$ 、长为 $L=80\text{ cm}$ 的水平金属轨道,内部有磁感应强度大小为 1 T 、方向竖直向上的匀强磁场,现将质量为 $m=5\text{ g}$ 、电阻为 $R=0.01\text{ }\Omega$ 的金属炮弹垂直放置在水平轨道上.某次发射测试中,通入 $I=100\text{ A}$ 的恒定电流后,电磁炮由静止做匀加速直线运动,且运动 L 长的距离后离开轨道并发射成功.忽略一切阻力、不计轨道电阻,求:

(1)电磁炮刚发射时的加速度大小;

(2)电磁炮匀加速直线运动的时间;

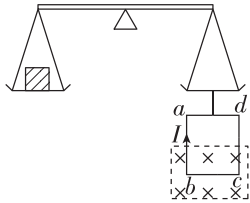
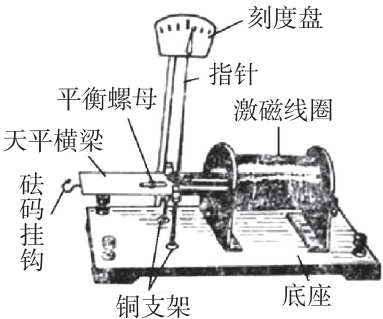


【要点总结】

- 1. 解决在安培力作用下导体的加速运动问题,首先要对研究对象进行受力分析(不要漏掉安培力),然后根据牛顿第二定律列方程求解.
- 2. 选定观察角度画好平面图,标出电流方向和磁场方向,然后利用左手定则判断安培力的方向.

素养提升 电流天平的原理和应用

电流天平可以用来测量导线在磁场中受到的安培力和磁场的磁感应强度. 如图所示是它的原理示意图,天平左盘放砝码,右盘下悬挂线框,线框处于磁场中. 当线框没有通电时,天平处于平衡状态.



线框通电后, ab 、 bc 、 cd 边均受到安培力的作用. 根据左手定则可知, ab 、 cd 边受到的安培力大小相等, 方向相反, 互相抵消, bc 边受到的安培力方向竖直向下, 从而使天平平衡被破坏. 通过在左盘中加砝码可使天平重新平衡, 根据所加砝码的质量可以推知线框所受安培力的大小 F . 再根据 $F=nIlB$, 由线框的匝数 n 、 bc 边长度 l 、电流 I 可求磁场的磁感应强度 B 的大小.

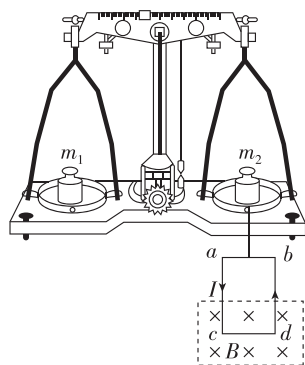
示例 [2026·宁波高二期中] 如图所示,在等臂电流天平的右托盘下固定一矩形线圈,线圈匝数为 n ,底边 cd 长为 L ,调平衡后放在磁感应强度大小为 B 、方向垂直纸面向里的匀强磁场中,线圈平面与磁场垂直.重力加速度为 g .左、右托盘分别放置质量为 m_1 、 m_2 的砝码,线圈中通如图所示方向的电流 I ,天平平衡.若拿掉右侧质量为 m_2 的砝码,为使天平再次平衡,关于线圈中的电流 I_2 ,下列选项正确的是 ()

A. $nBI_2L = m_1g - nBIL$, 电流方向为逆时针

B. $nBI_2L = m_2g - nBIL$, 电流方向为顺时针

C. $nBI_2L = m_1g$, 电流方向为逆时针

D. $nBI_2L = m_2g$, 电流方向为顺时针



2 磁场对运动电荷的作用力

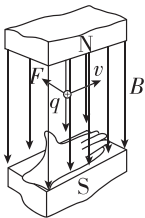
学习目标

1. 通过实验,认识洛伦兹力.能判断洛伦兹力的方向,会计算洛伦兹力的大小.了解洛伦兹力在生产生活中的应用.
2. 经历由安培力公式推导出洛伦兹力公式的过程,体会模型建构与演绎推理的方法.经历一般情况下洛伦兹力表达式的得出过程,进一步体会矢量分析的方法.
3. 了解显像管的基本构造及工作的基本原理,认识电子束的磁偏转,体会物理知识与科学技术的关系.

教材精梳 筑根基

一、洛伦兹力的方向

1. 洛伦兹力:_____在_____中受到的力.
2. 左手定则:伸开左手,使拇指与其余四个手指_____,并且都与手掌在同一个平面内;让磁感线从_____垂直进入,并使_____指向_____运动的方向,这时_____所指的方向就是运动的正电荷在磁场中所受洛伦兹力的方向.



二、洛伦兹力的大小

洛伦兹力的大小: $F =$ _____, θ 为电荷的运动方向与磁场的方向的夹角.

(1) 当 $v \perp B$ 时, $F = qvB$, 即电荷的运动方向与磁场方向垂直时, 电荷所受洛伦兹力最大.

(2) 当 $v \parallel B$ 时, $F = 0$, 即电荷的运动方向与磁场方向平行时, 电荷不受洛伦兹力.

三、电子束的磁偏转

1. 显像管构造: 主要由 _____、_____和 _____三部分组成.
2. 原理: 电子显像管应用了电子束 _____的原理.
3. 扫描: 在偏转区的水平方向上和竖直方向上都有偏转磁场, 其方向、强弱都在 _____, 因此电子束打在荧光屏上的光点不断移动, 这在显示技术中叫作扫描. 电子束从最上一行到最下一行扫描一遍叫作一场, 电视机中的显像管每秒要进行 _____场扫描.

典例攻略 练技能

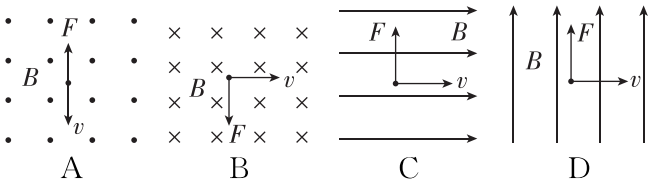
知识点一 洛伦兹力的方向

1. 洛伦兹力的方向总是与电荷运动的方向和磁场的方向垂直, 即洛伦兹力的方向总是垂直

于运动电荷的速度方向和磁场方向确定的平面. F 、 B 、 v 三个量的方向关系是: $F \perp B$, $F \perp v$, 但 B 与 v 不一定垂直.

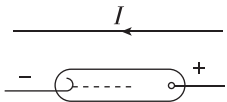
2. 用左手定则判定负电荷在磁场中运动所受的洛伦兹力方向时,应注意将四指指向负电荷运动的反方向.

例 1 如图所示,下列关于带负电粒子在匀强磁场中所受洛伦兹力 F 的方向表示正确的是()



[反思感悟]

[即时演练 1] [2026·宁波高二期中] 在阴极射线管上方平行放置一根通有强电流的长直导线,其电流方向从右向左,如图所示,阴极射线(即从负极向正极高速运动的电子流)将 ()

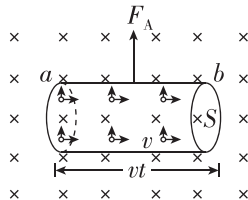


- A. 向纸内偏转
- B. 向纸外偏转
- C. 向上偏转
- D. 向下偏转

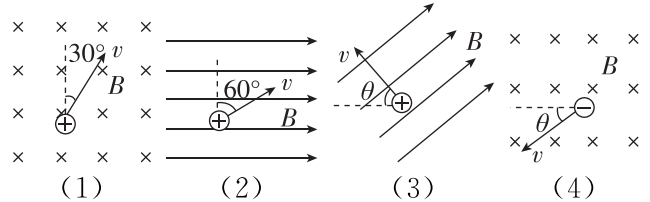
知识点二 洛伦兹力的大小

例 2 如图所示,磁场的磁感应强度大小为 B . 设磁场中有一段通电导线,横截面积为 S ,单位体积中含有的自由电荷数为 n ,每个自由电荷的电荷量为 q 且定向运动的速率都是 v .

- (1)图中一段长度为 vt 的导线中的自由电荷数是多少? 导线中的电流为多大?
- (2)图中一段长度为 vt 的导线在磁场中所受安培力是多大?
- (3)每个自由电荷所受洛伦兹力的大小是多少?

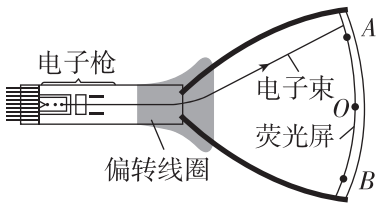


例 3 如图所示,各图中的匀强磁场的磁感应强度大小均为 B ,带电粒子的速率均为 v ,带电荷量均为 q . 试求出图中带电粒子所受洛伦兹力的大小,并指出洛伦兹力的方向.



知识点三 电子束的磁偏转

例 4 [2026·绍兴高二期中] 如图所示为电视显像管的原理示意图. 显像管中有一个电子枪,工作时它能发射高速电子,其撞击荧光屏后就能发光,没有磁场时电子束打在荧光屏正中的 O 点,为使电子束偏转,需要安装在管颈的偏转线圈产生偏转磁场. 要使电子束 ()



- A. 打在屏上 A 点,偏转磁场的方向应水平向右
- B. 打在屏上 B 点,偏转磁场的方向应垂直纸面向外
- C. 打在屏上的位置由 A 点逐渐向 B 点移动,磁场应先减小,再反向增大
- D. 打在屏上的位置由 B 点逐渐向 A 点移动,磁场应先增大,再反向减小

[反思感悟]

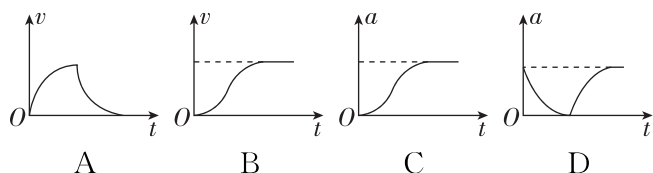


【要点总结】

带电粒子在磁场中受到洛伦兹力的作用时,由于洛伦兹力与运动电荷的速度垂直,会不断改变电荷的运动方向,因此可以利用磁场控制带电粒子的运动方向.把利用磁场改变带电粒子运动方向的现象称为磁偏转.

知识点四 带电体在洛伦兹力作用下的运动

例 5 [2026·河南洛阳高二期中] 如图所示,一个质量为 m 、电荷量为 $-q$ 的圆环,可在倾斜放置的足够长的粗糙绝缘细杆上滑动,细杆处于磁感应强度大小为 B 的匀强磁场中,不计空气阻力,现让圆环从静止开始沿细杆下滑,在之后的运动过程中,下列运动图像可能正确的是 ()

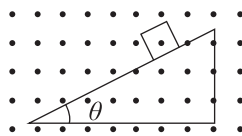


【反思感悟】

.....
.....
.....

【即时演练 2】 [2025·诸暨中学高二期中] 如图所示,倾角为 θ 的绝缘光滑固定斜面处于磁感应强度大小为 B 的匀强磁场中,磁场方向垂直纸面向外,斜面足够长.一质量为 m 、带电荷量为 $+q$ 的小物块从斜面上由静止开始滑下,重力加速度大小为 g ,在物块沿斜面下滑的过程中 ()

- A. 物块的速度越来越大, 加速度越来越小
- B. 重力的冲量大小为 $\frac{m^2 g \cos \theta}{qB}$
- C. 洛伦兹力的冲量大小为 $\frac{m^2 g \cos^2 \theta}{2qB \sin \theta}$
- D. 支持力的冲量大小为 $\frac{m^2 g \cos^2 \theta}{qB \sin \theta}$



【要点总结】

1. 带电体在匀强磁场中速度变化时洛伦兹力的大小往往随之变化,并进一步导致弹力、摩擦力的变化,带电体将在变力作用下做变加速运动.
2. 利用牛顿运动定律和平衡条件分析各物理量的动态变化时要注意弹力为零的临界状态,此状态是摩擦力发生改变的转折点.

素养提升 极光和地磁场

极光是在地球两极常见的一种自然现象.地磁场向地球周围的太空延伸很远,它对太阳射出的带电粒子(主要由质子、电子、 α 粒子等组成)具有阻挡作用,可使地球上的生物免受伤害.但在接近两极的地区,有些高能粒子能射向地球的表面.它们通常以 2000 km/s 的速度击穿大气层,与大气中的原子和分子碰撞并激发,从而产生光芒,形成极光.

示例 [2026·浙江大学附属中学高二月考] 极光是由太阳发射的高速带电粒子受地磁场的影响并进入两极附近时,撞击并激发高空中的空气分子和原子引起的.假如我们在北极地区

仰视,发现正上方出现如图所示的沿顺时针方向运动的弧状极光,则关于这一现象中的高速粒子的说法正确的是 ()

- A. 该粒子带负电
- B. 该粒子速度逐渐增大
- C. 若该粒子在赤道正上方



- 垂直射向地面,其会向东偏转
- D. 地磁场对垂直射向地球表面的该粒子的阻挡作用在南、北两极附近最强

【反思感悟】

.....
.....
.....

专题 洛伦兹力与现代科技

学习目标

1. 知道速度选择器、磁流体发电机、电磁流量计、霍尔元件的工作原理.
2. 学会应用工作原理解决实际问题.

题型攻克

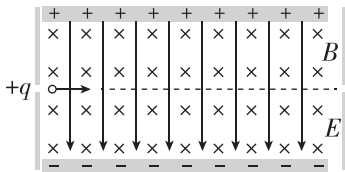
破难关

题型一 速度选择器

如图所示装置,平行板器件中存在匀强电场和匀强磁场,电场强度 E 和磁感应强度 B 相互垂直. 具有不同水平速度的带电粒子射入后发生偏转的情况不同,这种装置能把具有某一特定速度的粒子选择出来,所以叫作速度选择器. 试

证明:只有带电粒子的速度 $v = \frac{E}{B}$ 时,才能沿着

图示虚线路径通过这个速度选择器.
(粒子重力忽略不计)



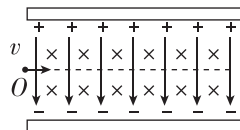
磁感应强度 B 互相垂直. 一质子以速度 v 从左侧沿两板中线进入,恰好沿直线运动,不计粒子重力,下列说法正确的是 ()

A. $v = \frac{B}{E}$

B. 若质子以速度 v 从右侧沿两板中线进入,将向下偏转

C. 若电子以速度 v 从左侧沿两板中线进入,将向上偏转

D. 若 α 粒子以速度 v 从左侧沿两板中线进入,将向下偏转



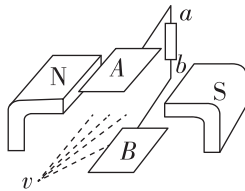
【要点总结】

速度选择器的特点: v 的大小等于 E 与 B 的比值,即 $v = \frac{E}{B}$. 可知速度选择器只对选择的粒子速度有要求,而对粒子的质量、电荷量大小及带电正负均无要求.

例 1 [2025·衢州高二期中] 速度选择器的简化模型如图所示,平行板器件中,电场强度 E 和

题型二 磁流体发电机

磁流体发电机是利用电磁偏转作用发电的. 其装置如图所示, A 、 B 是两块在磁场中相互平行的金属板,一束在高温下形成的等离子束(气体在高温下发生电离,产生大量的带等量异种电荷的离子)射入磁场, A 、 B 两板间便产生电压. 如果把 A 、 B 和用电器相连接, A 、 B 就是一个直流电源的两个电极.



(1) 分析说明 A 、 B 板哪一个是电源的正极.

(2) 若 A 、 B 两板相距为 d , 板间的磁场按匀强磁场处理,磁感应强度大小为 B , 等离子束以速度 v 沿垂直于 B 的方向射入磁场,则这个发电机的电动势是多大?

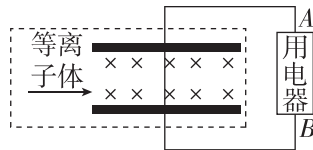
例 2 (多选) [2026·杭州高二期中] 磁流体发电是一项新兴技术. 如图所示,平行金属板之间有一个匀强磁场,将一束含有大量正、负离子的等离子体沿图中所示方向喷入磁场,图中虚线框部分相当于发电机,把两个极板与用电器相连,则 ()

A. 用电器中的电流方向为从 A 到 B

B. 用电器中的电流方向为从 B 到 A

C. 若只增大磁场的磁感应强度,发电机的电动势增大

D. 若只增大喷入离子的速度,发电机的电动势增大



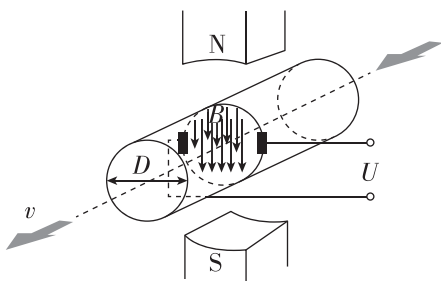
【要点总结】

1. 磁流体发电机工作原理: 等离子体喷入磁场, 正、负离子在洛伦兹力作用下发生偏转, 聚集到两极板上, 产生电势差. 当等离子体匀速通过 A 、 B 板间时, A 、 B 板上聚集的电荷最多, 板间电势差最大, 即为电源电动势, 此时离子受平衡力.

2. 设 A 、 B 平行金属板的面积为 S , 相距为 d , 喷入气体速度为 v , 板间磁感应强度为 B , 板外电阻为 R , 等离子体的电阻率为 ρ . 根据 $qE_{\text{非}} = qvB$, 可得 $E_{\text{非}} = Bv$, 则电动势为 $E = E_{\text{非}}d = Bdv$, 而电源内阻为 $r = \rho \frac{d}{S}$, 所以回路中电流为 $I = \frac{E}{R+r} = \frac{BdvS}{RS+\rho d}$.

题型三 电磁流量计

电磁流量计是测量导电液体流量的一种测量仪器. 如图所示, 当导电液体沿测量管运动时, 液体中的正、负离子在洛伦兹力作用下偏转, 左、右管壁电极间出现电势差. 当正、负离子所受静电力与洛伦兹力平衡时, 电势差就会保持稳定. 因此, 通过测量左、右管壁间的电势差, 就可以间接测量管中导电液体的流量 (流量是单位时间内流经管道某横截面液体的体积).

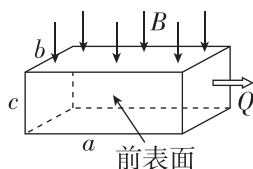


已知匀强磁场的磁感应强度大小为 B , 测量管的内径为 D , 电势差为 U , 请推导流量 Q 的表达式.

例 3 [2025 · 台州高二期中] 为了测量某化工厂的污水排放量, 技术人员在该厂的排污管末

端安装了如图所示的流量计, 该装置由绝缘材料制成, 长、宽、高分别为 a 、 b 、 c , 左右两端开口, 加垂直于上下底面的磁感应强度大小为 B 的匀强磁场, 在前后两个面内侧固定有金属板作为电极, 污水充满管口从左向右流经该装置时, 电压表将显示两个电极间的电压 U . 若用 Q 表示污水流量 (单位时间内流出的污水体积), 下列说法中正确的是 ()

- A. 若污水中正离子较多, 则前表面比后表面电势高
B. 电压表的示数与污水中离子浓度有关



- C. 污水的流速为 $v = \frac{U}{Bc}$
D. 污水流量为 $Q = \frac{Uc}{B}$

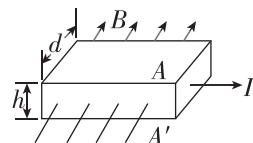
【要点总结】

导电液体中的正、负离子在洛伦兹力作用下偏转, 管壁两侧电极间出现电势差. 当正、负离子所受静电力与洛伦兹力平衡时, 电势差就会保持稳定. 由 $qvB = qE = q \frac{U}{D}$, 可得 $v = \frac{U}{BD}$, 则流量 $Q = Sv = \frac{\pi D^2}{4} \cdot \frac{U}{BD} = \frac{\pi DU}{4B}$, 即 $Q \propto U$, 将电压表表盘相应地换成流量计表盘即可直接测流量.

题型四 霍尔元件

如图所示, 高为 h 、宽为 d 的金属导体 (自由电荷是电子) 置于磁感应强度大小为 B 的匀强磁场中, 当电流通过金属导体时, 在金属导体的上表面 A 和下表面 A' 之间产生电势差,

这种现象称为霍尔效应, 此电压称为霍尔电势差或霍尔电压, 这个元件称为霍尔元件.



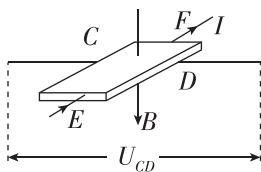
(1)金属导体中的电流 I 向右时,上表面 A 和下表面 A' 谁的电势高?

(2)设电子电荷量为 e ,金属导体单位体积中的自由电子数为 n ,电流大小为 I ,请推导 A 、 A' 间的霍尔电压 U 的表达式.

例 4 (多选)[2026·宁波高二期中] 利用霍尔效应制作的霍尔元件,被广泛应用于测量和自动控制等领域.霍尔元件一般由半导体材料做成,有的半导体中的载流子(即自由电荷)是电子,有的半导体中的载流子是空穴(相当于正电荷).如图是霍尔元件的工作原理示意图,磁感应强度大小为 B 的磁场垂直于霍尔元件的工作面向下,通入图示方向的电流 I , C 、 D 两侧面会形成电势差 U_{CD} (已知电流

的微观表达式为 $I = nSvq$,其中 n 为导体单位体积内的自由电荷数, S 为导体的横截面积, v 为电荷定向移动的速率, q 为载流子的电荷量).下列说法中正确的是 ()

- A. 保持 B 、 I 不变,增大 C 、 D 面间距离时, U_{CD} 增大
- B. 保持 B 、 I 不变,增大上面间距离时, U_{CD} 减小
- C. 无论该元件的载流子是电子还是空穴,侧面 C 电势都比侧面 D 高
- D. U_{CD} 的大小与材料有关



【要点总结】

分析两侧面产生电势高低时应特别注意霍尔元件的材料,若霍尔元件的材料是金属,则参与定向移动形成电流的是电子,偏转的也是电子;若霍尔元件的材料是半导体,则参与定向移动形成电流的可能是正“载流子”,此时偏转的是正电荷.

3 带电粒子在匀强磁场中的运动

学习目标

1. 知道带电粒子沿着与磁场垂直的方向射入匀强磁场会在磁场中做匀速圆周运动,能推导出匀速圆周运动的半径公式和周期公式,能解释有关的现象,解决有关实际问题.
2. 经历实验验证带电粒子在洛伦兹力作用下做匀速圆周运动以及其运动半径与磁感应强度的大小和入射速度的大小有关的过程,体会物理理论必须经过实验检验.
3. 知道洛伦兹力作用下带电粒子做匀速圆周运动的周期与速度无关,能够联想其可能的应用.能用洛伦兹力分析带电粒子在匀强磁场中的圆周运动.了解带电粒子在匀强磁场中的偏转及其应用.

教材精梳 筑根基

一、带电粒子在匀强磁场中的运动

1. 若 $v \parallel B$,带电粒子(不计重力)所受洛伦兹力为 $F =$ _____,所以粒子在磁场中做 _____.
 2. 若 $v \perp B$,此时初速度方向、洛伦兹力的方向均与磁场方向 _____,粒子在垂直于 _____ 方向的平面内运动.
- (1)洛伦兹力的方向与粒子的运动方向 _____,只改变粒子速度的 _____,不改变

- 粒子速度的 _____.
- (2)带电粒子在垂直于磁场的平面内做 _____ 运动, _____ 提供向心力.

二、带电粒子在磁场中做圆周运动的半径和周期

带电粒子在匀强磁场中做匀速圆周运动,由洛伦兹力提供向心力,即 $qvB = \frac{mv^2}{r}$

(1) 轨道半径: $r = \frac{mv}{qB}$.

(2) 周期: $T = \frac{2\pi r}{v}$, 由 $r = \frac{mv}{qB}$ 可得 $T = \frac{2\pi m}{qB}$.

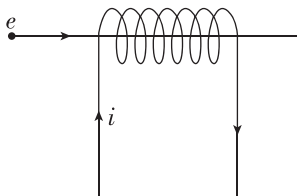
由此可知, 半径 r 与速度成_____, 周期 T 与速度_____, 与轨道半径 r _____ (后两空均选填“有关”或“无关”).

典例攻略 练技能

知识点一 带电粒子在匀强磁场中的运动

例 1 如图所示, 螺线管中通入如图所示的电流, 将电子沿轴线方向射入后, 电子在螺线管中的运动情况是 ()

- A. 往复运动
B. 匀速圆周运动
C. 匀速直线运动
D. 匀变速直线运动



知识点二 带电粒子在磁场中做圆周运动的半径和周期

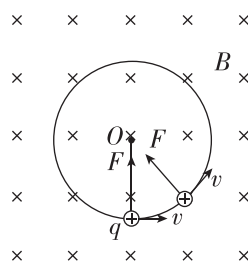
如图所示, 设电荷量为 q 的粒子在磁感应强度大小为 B 的磁场中做匀速圆周运动, 运动速度为 v , 匀速圆周运动的轨道半径为 r , 周期为 T .

(1) 带电粒子受到的洛伦兹力为 $F = qvB$, 由洛伦兹力

提供向心力得 $F = m \frac{v^2}{r}$, 联

立解得匀速圆周运动的轨

道半径为 $r = \frac{mv}{qB}$. 带电粒子



在匀强磁场中做匀速圆周运动的轨道半径与它的质量、速度成正比, 与电荷量、磁感应强度成反比.

(2) 匀速圆周运动的轨道半径为 $r = \frac{mv}{qB}$, 周期

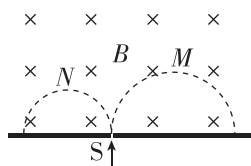
为 $T = \frac{2\pi r}{v}$, 联立解得 $T = \frac{2\pi m}{qB}$. 从公式可以看出周

期由磁感应强度和粒子的比荷决定, 而与粒子的速度和轨道半径无关.

例 2 [2026 · 宁波慈溪中学高二月考] 质量和电荷量大小都相等的带电粒子 M 和 N , 以不同的速率经小孔 S 垂直进入匀强磁场并最终打在金属板上, 运动的半圆轨迹如图中虚线所示, 不

计重力, 下列表述正确的是 ()

- A. M 带负电, N 带正电
B. M 的速率小于 N 的速率
C. 洛伦兹力对 M 、 N 做正功
D. M 的运动时间大于 N 的运动时间

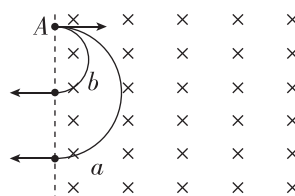


[反思感悟]

【即时演练 1】[2026 · 嘉兴海盐二中高二月考]

如图所示, 粒子 a 和粒子 b 所带的电荷量相同, 以相同的动能从 A 点射入匀强磁场中, 做圆周运动的半径关系为 $r_a = 2r_b$, 则下列说法正确的是 (重力不计) ()

- A. 两粒子都带正电, 质量之比为 $\frac{m_a}{m_b} = 4$
B. 两粒子都带负电, 质量之比为 $\frac{m_a}{m_b} = 4$
C. 两粒子都带正电, 质量之比为 $\frac{m_a}{m_b} = \frac{1}{4}$
D. 两粒子都带负电, 质量之比为 $\frac{m_a}{m_b} = \frac{1}{4}$

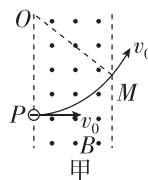


知识点三 带电粒子在匀强磁场中运动的基本分析思路

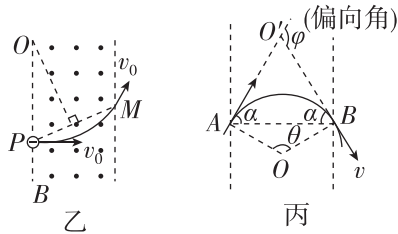
1. 圆心的确定

圆心位置的确定通常有以下两种基本方法:

(1) 已知入射方向、出射点的位置和出射方向时, 可以过入射点和出射点作垂直于入射方向和出射方向的直线, 两条直线的交点就是圆弧轨道的圆心 (如图甲所示, P 为入射点, M 为出射点).



(2) 已知入射方向和出射点的位置时,可以过入射点作入射方向的垂线,连接入射点和出射点,作连线的中垂线,这两条垂线的交点就是圆弧轨道的圆心(如图乙所示, P 为入射点, M 为出射点).



2. 半径的确定

(1) 由半径公式 $r = \frac{mv}{qB}$ 确定;

(2) 由几何关系确定.

3. 粒子速度偏向角的确定

速度的偏向角 $\varphi =$ 圆弧所对的圆心角(回旋角) $\theta =$ 弦切角 α 的 2 倍.(如图丙所示)

4. 粒子在匀强磁场中运动时间的确定

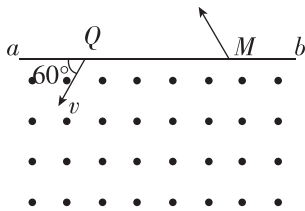
(1) 周期一定时,由圆心角可求, $t = \frac{\theta}{2\pi} \cdot T$;

(2) v 一定时,由弧长可求, $t = \frac{s}{v} = \frac{\theta R}{v}$.

例 3 ab 边界下方存在垂直于纸面向外、磁感应强度大小为 B 的匀强磁场.一质量为 m 的带电粒子,从 Q 点以大小为 v 的初速度(其方向与 ab 边界成 60° 角)射入磁场,如图所示,粒子经磁场偏转后,从边界上的 M 点射出磁场,粒子在磁场中的运动半径为 r . 粒子重力不计,求:

(1) 粒子的电性和电荷量 q ;

(2) Q 、 M 两点间的距离 L ;



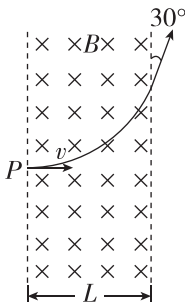
(3) 粒子由 Q 点运动至 M 点所用的时间 t .

【即时演练 2】 如图所示的狭长区域内有垂直于纸面向里的匀强磁场,区域的左、右两边界均沿竖直方向,磁场左、右两边界之间的距离为 L ,磁场的磁感应强度大小为 B . 某种质量为 m 、电荷量为 q 的带正电粒子从左边界上的 P 点以水平向右的初速度进入磁场区域,该粒子从磁场的右边界飞出,飞出时速度方向与右边界的夹角为 30° . 重力的影响忽略不计.

(1) 求该粒子在磁场中做圆周运动的轨道半径;

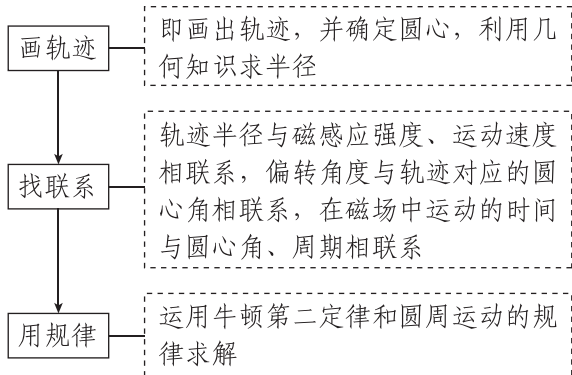
(2) 求该粒子的运动速率;

(3) 求该粒子在磁场中运动的时间.



【要点总结】

带电粒子在匀强磁场中做匀速圆周运动的解题方法



专题 带电粒子在有界磁场中的运动

学习目标

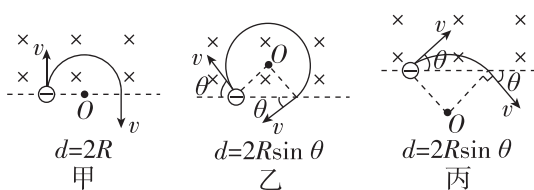
1. 能熟练利用半径公式和周期公式求解带电粒子在匀强磁场中运动的周期和半径.
2. 会分析带电粒子在有界匀强磁场中的运动.

题型攻克 破难关

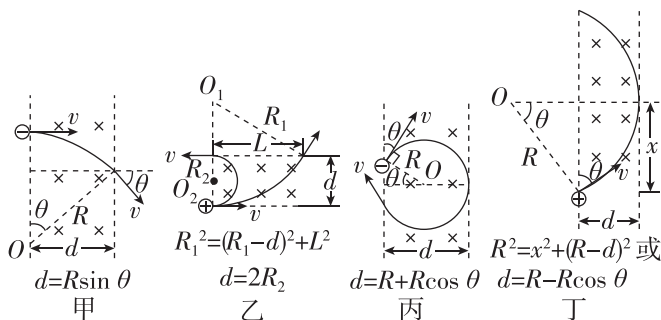
题型一 带电粒子在直线有界匀强磁场中运动

1. 直线边界

从某一直线边界射入的粒子再从这一边界射出时,速度与边界的夹角相等,如图甲、乙、丙所示.



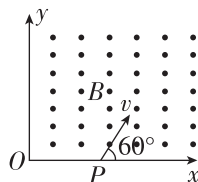
2. 平行边界(如图甲、乙、丙、丁所示).



例 1 [2025·天津滨海新区高二期中] 如图所示,一个质量为 m 、电荷量为 $-q$ 、不计重力的带电粒子从 x 轴上的 $P(a,0)$ 点以速度 v 沿与 x 轴正方向成 60° 角的方向射入第一象限内的匀强磁场中,并恰好垂直于 y 轴射出第一象限,求:

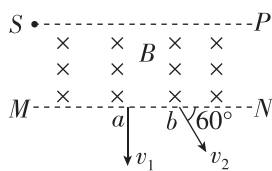
(1) 匀强磁场的磁感应强度大小 B ;

(2) 在第一象限内的运动时间 t .



例 2 如图所示,有界匀强磁场的边界线 $SP \parallel MN$,速率不同的同种带电粒子从 S 点沿 SP 方向同时射入磁场.其中穿过 a 点的粒子速度 v_1 与 MN 垂直;穿过 b 点的粒子速度 v_2 与 MN 成 60° 角,设粒子从 S 运动到 a 、 b 所需时间分别为 t_1 和 t_2 ,则 $t_1 : t_2$ 为(重力不计) ()

A. 1 : 3 B. 4 : 3
C. 1 : 1 D. 3 : 2

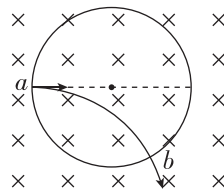


题型二 带电粒子在圆弧有界匀强磁场中运动

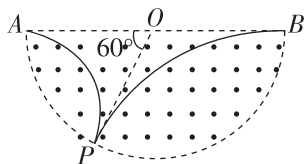
例 3 如图所示,在真空中,有一半半径为 r 的圆形区域内充满垂直纸面向里的匀强磁场,磁感应强度为 B ,一带电粒子质量为 m ,电荷量为 q ,以某一速度由 a 点沿半径方向射入磁场,从 b 点射出磁场时其速度方向改变了 60° (粒子的重力可忽略),试求:

- (1) 该粒子在磁场中的运动时间 t ;
- (2) 粒子做圆周运动的半径 R ;

(3) 粒子运动的速度 v_0 .



【即时演练】 (多选)[2026·金华高二期中] 半径为 R 的半圆形区域内有方向垂直于纸面向外的匀强磁场. 不计重力的 a 、 b 两粒子从圆周上的 P 点沿着半径方向射入磁场, 分别从 A 、 B 两点离开磁场, 运动轨迹如图所示. 已知 a 、 b 两粒子进入磁场时的速率之比为 $1:2$, AOB 为直径, $\angle AOP = 60^\circ$. 下列说法正确的是 ()



- A. a 粒子带正电, b 粒子带负电
 B. a 、 b 两粒子的轨道半径之比为 $1:3$
 C. a 、 b 两粒子的比荷之比为 $3:2$
 D. a 、 b 两粒子在磁场中运动时间之比为 $4:3$

【反思感悟】

【要点总结】

1. 分析解决带电粒子在有界匀强磁场中做匀速圆周运动问题的基本思路: 定圆心、找半径、画轨迹、求时间.

2. 半径的确定和计算

一般利用几何关系, 通过解三角形的办法求半径. 求解时注意:

(1) 如图所示, 粒子速度的偏转角 φ 等于轨迹对应的圆心角 α , 并且等于 AB 弦与切线的夹角 θ 的 2 倍, 即 $\varphi = \alpha = 2\theta$.

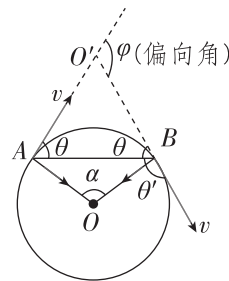
(2) 相对的弦切角 (θ) 相等, 与相邻的弦切角 (θ') 互补, 即 $\theta + \theta' = 180^\circ$.

3. 运动时间的确定

粒子在磁场中运动一周的时间为 T , 当粒子运动的轨迹对应的圆心角为 α 时, 其运动时间 t 可以由

$$\text{下式表示: } t = \frac{\alpha}{360^\circ} T, t = \frac{\alpha}{2\pi} T \text{ 或}$$

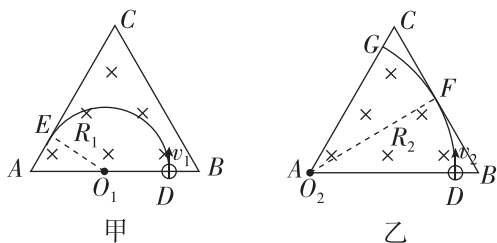
$$t = \frac{l}{v} \quad (l \text{ 为轨迹的弧长}).$$



题型三 带电粒子在三角形或多边形有界匀强磁场中运动

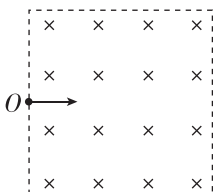
三角形边界

等边三角形 ABC 区域内存在匀强磁场, 某带正电的粒子垂直 AB 方向进入磁场, 粒子能从 AC 间射出的两个临界轨迹如图甲、乙所示.



例 4 空间存在方向垂直于纸面向里的匀强磁场, 图中的正方形为其边界. 由两种粒子组成的一细束粒子流沿垂直于磁场的方向从 O 点入射. 这两种粒子带同种电荷, 它们的电荷量、质量均不同, 但其比荷相同, 且都包含不同速率的粒子, 不计重力. 下列说法正确的是 ()

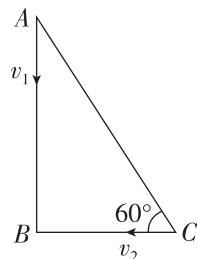
- A. 入射速度不同的粒子在磁场中的运动时间一定不同
 B. 入射速度相同的粒子在磁场中的运动轨迹一定相同



- C. 在磁场中运动时间相同的粒子, 其运动轨迹一定相同
 D. 在磁场中运动时间越长的粒子, 其轨迹一定越长

例 5 [2026·四川绵阳高二期中] 如图所示, 直角 $\triangle ABC$ 区域内有垂直纸面向里的匀强磁场 (图中未画出), $\angle ACB = 60^\circ$. 一带正电的粒子以 v_1 的速度从 A 点沿 AB 方向射入磁场, 从 AC 边射出且半径最大, 粒子在磁场中运动的时间为 t_1 ; 若仅将 $\triangle ABC$ 区域内磁场的方向反向, 同样的粒子以 v_2 的速度从 C 点沿 CB 方向射入磁场, 同样从 AC 边射出且半径最大, 粒子在磁场中的运行时间为 t_2 . 不计粒子重力. 则 ()

- A. $\frac{v_1}{v_2} = \frac{3}{2}$
 B. $\frac{v_1}{v_2} = \frac{1}{1}$
 C. $\frac{t_1}{t_2} = \frac{1}{2}$
 D. $\frac{t_1}{t_2} = \frac{2}{3}$



专题 带电粒子在有界磁场中运动的临界与多解问题

学习目标

1. 会分析带电粒子在有界匀强磁场中运动的临界问题.
2. 了解多解的成因, 会分析带电粒子在有界匀强磁场中运动的多解问题

题型攻克 破难关

题型一 带电粒子在有界匀强磁场中运动的临界问题

解决带电粒子在有界匀强磁场中运动的临界问题时, 通常以题目中的“恰好”“最大”“至少”等为突破口, 寻找临界点, 确定临界状态, 根据匀强磁场边界和题设条件画好轨迹, 建立几何关系求解.

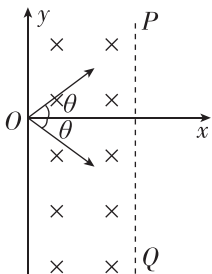
(1) 刚好穿出或刚好不能穿出匀强磁场的条件是带电粒子在匀强磁场中运动的轨迹与边界相切.

(2) 比荷相同的带电粒子以一定的速率垂直射入匀强磁场时, 运动的弧长越长, 圆心角越大, 则带电粒子在有界匀强磁场中的运动时间越长.

(3) 比荷相同的带电粒子以不同的速率进入磁场时, 圆心角越大, 运动时间越长.

(4) 在圆形磁场中, 当带电粒子运动轨迹的半径大于磁场的半径时, 轨迹对应的入射点和出射点为磁场直径的两个端点时, 圆心角最大(所有弦长中直径最长).

例 1 如图所示, 直角坐标系中 y 轴右侧存在一垂直纸面向里、宽为 a 的有界匀强磁场, 磁感应强度大小为 B , 右边界 PQ 平行于 y 轴, 一粒子(重力不计)从原点 O 以与 x 轴正方向成 θ 角的速率 v 垂直射入磁场, 当斜向上射入时, 粒子恰好垂直 PQ 射出磁场, 当斜向下射入时, 粒子恰好不从右边界射出. 求粒子恰好不从右边界射出时在磁场中运动的时间.

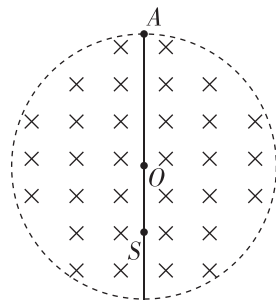


例 2 [2025 · 杭州十四中高二期末] 半径为 R 的圆形区域内存在垂直于纸面向里的匀强磁场, 磁感应强度大小为 B , 在圆心 O 的正下方 $\frac{R}{2}$ 处的粒子源 S 有质量为 m 、电荷量为 $+q$ 的带电粒子沿与 SO 成 37° 角方向垂直于磁场并射入磁场, 且粒子源射出的粒子数按速度大小均匀地分布在 $0 \sim v_m$ 范围(v_m 未知)内, 不计带电粒子的重力和粒子间的相互作用. ($\sin 37^\circ = 0.6, \cos 37^\circ = 0.8$)

(1) 最大速度的粒子从圆心 O 的正上方 A 点离开磁场, 求粒子的最大速度 v_m .

(2) 求射出磁场的粒子在磁场中运动的最短时间.

(3) 求射出磁场的粒子数占整个粒子源射出粒子数的比例.



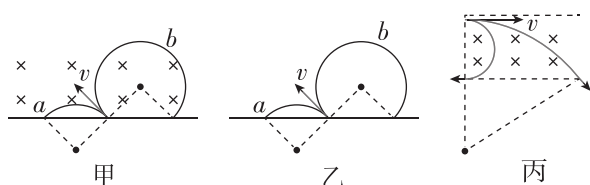
题型二 带电粒子在有界匀强磁场中运动的多解问题

带电粒子在匀强磁场中运动形成多解的常见情况如下：

(1) 带电粒子电性不确定形成多解。

当速度相同时，带正、负电荷的粒子在磁场中运动的轨迹不同，电性不确定时会形成多解。

如图甲所示，带电粒子以速率 v 垂直于磁场方向进入匀强磁场。若粒子带正电，则其轨迹为 a ；若粒子带负电，则其轨迹为 b 。



(2) 磁场方向不确定形成多解。

有些题目只知道磁感应强度的大小，而不知道其方向，此时必须要考虑因磁感应强度方向不确定而形成的多解。

如图乙所示，带正电的粒子以速率 v 垂直进入匀强磁场，若 B 垂直于纸面向里，则其轨迹为 a ；若 B 垂直于纸面向外，则其轨迹为 b 。

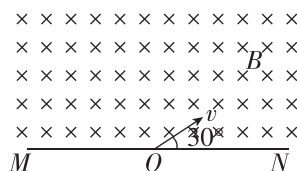
(3) 临界状态不唯一形成多解。

带电粒子在洛伦兹力作用下飞越有界磁场时，由于粒子运动的轨迹是圆弧，因此它可能穿

过去，也可能转过 180° 从入射界面这边反向飞出，从而形成多解，如图丙所示。

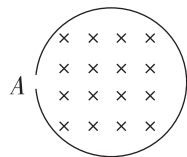
例 3 (多选) 如图所示，匀强磁场的磁感应强度大小为 B ，方向垂直纸面向里， MN 是它的下边界。现有质量为 m 、电荷量为 q 的带电粒子沿与 MN 成 30° 角的方向垂直射入磁场，则粒子(不计重力)在磁场中运动的时间可能为 ()

- A. $\frac{\pi m}{3qB}$ B. $\frac{2\pi m}{3qB}$ C. $\frac{4\pi m}{3qB}$ D. $\frac{5\pi m}{3qB}$



例 4 [2026 · 绍兴一中高二期中] 如图所示，这是一个半径为 R 的圆柱形绝缘容器的截面，容器内部存在垂直纸面向里的匀强磁场，磁感应强度大小为 B ，截面的 A 处开有一个可容纳微小带电粒子进入的小孔，一个不计重力的带电粒子平行截面从 A 孔以正对圆心的速度 v 进入容器，粒子质量为 m ，电荷量为 q ，粒子与容器壁的碰撞视作弹性碰撞，以下 v 的取值不能使粒子从 A 孔再次出来的是 ()

- A. $\frac{qBR}{m}$ B. $\frac{\sqrt{2}qBR}{m}$ C. $\frac{\sqrt{3}qBR}{m}$ D. $\frac{qBR}{m} \tan \frac{\pi}{7}$



4 质谱仪与回旋加速器

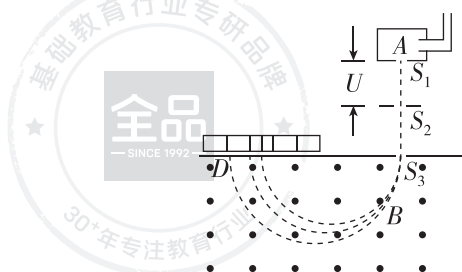
学习目标

1. 了解质谱仪和回旋加速器的工作原理。
2. 经历质谱仪工作原理的推理过程，体会逻辑推理的思维方法，了解回旋加速器面临的技术难题，体会科学与技术之间的相互影响。

教材精梳 筑根基

一、质谱仪

1. 质谱仪原理图：



2. 质谱仪工作原理

(1) 加速：带电粒子进入质谱仪的加速电场，由动能定理得 $qU = \frac{1}{2}mv^2$ 。

(2) 偏转：带电粒子进入质谱仪的偏转磁场后做匀速圆周运动，由洛伦兹力提供向心力，得 $qvB = m \frac{v^2}{r}$ ，联立解得 $r = \frac{1}{B} \sqrt{\frac{2mU}{q}}$ ，如果测出